

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 mai 2001 (25.05.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/37373 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷:

H01Q 15/00, 1/40, 19/06, 19/00, 19/10

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/03205

(22) Date de dépôt international:

17 novembre 2000 (17.11.2000)

(25) Langue de dépôt:

français

(26) Langue de publication:

français

(30) Données relatives à la priorité:

99/14521 18 novembre 1999 (18.11.1999) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US):

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement):
THEVENOT, Marc [FR/FR]; Place de la Mairie, F-87510 Peyrilhac (FR). JECKO, Bernard, Jean-Yves [FR/FR]; 4, rue Jean Rostand, F-87570 Rilhac Rancçon (FR). REINEIX, Alain, Jean-Louis [FR/FR]; 9, rue Victor Hugo, F-87570 Rilhac Ranson (FR).

(74) Mandataire: JACOBSON, Claude; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

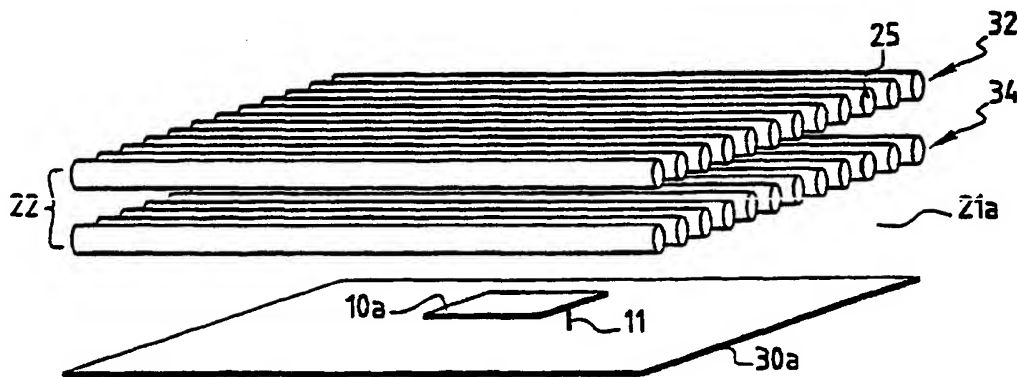
(81) États désignés (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (régional): brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ANTENNA PROVIDED WITH AN ASSEMBLY OF FILTERING MATERIALS

(54) Titre: ANTENNE POURVUE D'UN ASSEMBLAGE DE MATERIAUX FILTRANT



(57) Abstract: The invention concerns an antenna comprising a probe capable of transforming electrical energy into electromagnetic energy and inversely. It further comprises an assembly of elements made of at least two materials different in permittivity and/or permeability and/or conductivity within which said probe is arranged, the arrangement of the elements in said assembly ensuring radiation and spatial and frequency filtering of the electromagnetic waves produced or received by said probe, which filtering allows in particular one or several operating frequencies (f) of the antenna inside a frequency band gap (B).

(57) Abrégé: L'antenne comprend une sonde capable de transformer de l'énergie électrique en énergie électromagnétique et réciproquement. Elle comprend en outre un assemblage d'éléments en au moins deux matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité au sein duquel ladite sonde est disposée, la disposition des éléments dans ledit assemblage assurant le rayonnement et un filtrage spatial et fréquentiel des ondes électromagnétiques produites ou reçues par ladite sonde, lequel filtrage autorise notamment une ou plusieurs fréquences de fonctionnement (f) de l'antenne à l'intérieur d'une bande de fréquences non passante (B).



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée:

— *Avec rapport de recherche internationale.*

Antenne pourvue d'un assemblage de matériaux filtrant.

La présente invention concerne une antenne émettrice ou réceptrice atteignant des niveaux de directivité importants à des fréquences de l'ordre des micro-ondes.

On connaît des antennes comprenant au moins une sonde capable de transformer de l'énergie électrique en énergie électromagnétique et réciproquement.

Aujourd'hui, les antennes classiquement utilisées sont notamment des antennes à réflecteur parabolique, des antennes lentilles et des antennes de type cornet.

Les antennes à réflecteur parabolique comportent un plan réflecteur de forme parabolique au foyer duquel se trouve une sonde. Il en résulte un encombrement lié à la distance focale du réflecteur parabolique.

Les antennes lentilles comportent une lentille au foyer de laquelle se trouve une sonde. Outre l'encombrement lié à la distance focale, une telle antenne présente également un poids élevé, dû au poids de la lentille, lequel poids pouvant être pénalisant pour certaines applications.

Les antennes de type cornet sont encombrantes et lourdes pour atteindre des niveaux de directivité élevés.

L'invention vise à remédier aux inconvénients des antennes classiques en créant une antenne moins encombrante et moins lourde, capable d'émettre ou recevoir une onde électromagnétique avec des niveaux de directivité importants.

L'invention a donc pour objet une antenne comprenant au moins une sonde capable de transformer de l'énergie électrique en énergie électromagnétique et réciproquement, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un assemblage d'éléments en au moins deux matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité au sein duquel ladite sonde est disposée, la disposition des éléments dans ledit assemblage assurant le rayonnement et un filtrage spatial et fréquentiel des ondes électromagnétiques produites ou reçues par ladite sonde, lequel filtrage autorise notamment une ou plusieurs fréquences de fonctionnement de l'antenne à l'intérieur d'une bande de fréquences non passante.

Ladite antenne permet de la sorte d'obtenir un encombrement et un poids réduits par l'utilisation d'un système d'alimentation simplifié et d'un

assemblage, de faible épaisseur, d'éléments en matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité.

L'antenne selon invention peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

5 - Ledit assemblage d'éléments présente une périodicité à au moins une dimension dans sa structure et au moins un défaut qui génère au moins une cavité en son sein.

10 - Ledit assemblage d'éléments comprend un premier matériau de permittivité et perméabilité et conductivité données formant une cavité au sein d'une structure de deux autres matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, ladite structure présentant une triple périodicité selon trois directions spatiales distinctes desdits deux autres matériaux.

15 - Ledit assemblage d'éléments comprend un premier matériau de permittivité et perméabilité et conductivité données formant une cavité au sein d'une structure de deux autres matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, ladite structure présentant une double périodicité selon deux directions spatiales distinctes desdits deux autres matériaux.

20 - Ledit assemblage d'éléments est constitué de couches planes de matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou par leur perméabilité et/ou leur conductivité.

25 - Ledit assemblage d'éléments comprend une première couche plane de matériau de permittivité et perméabilité et conductivité données, au sein duquel est disposée la sonde, ladite première couche étant en contact avec au moins une succession de couches planes de matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, agencée(s) selon un motif périodique à une dimension.

30 - Elle comporte en outre un réflecteur plan d'ondes électromagnétiques supportant ladite sonde et placé en contact avec ledit assemblage d'éléments.

Elle comporte une plaque métallique sur laquelle est disposée une sonde, ladite plaque métallique formant réflecteur plan étant en contact avec une première couche plane de matériau de permittivité et perméabilité et conductivité

données, l'épaisseur e_1 de ladite première couche plane étant donnée par la relation $e_1 = 0,5 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$, ladite première couche étant elle-même en contact avec

une succession de couches planes de matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, l'épaisseur e de
5 chacune desdites couches planes étant donnée par la relation

$e = 0,25 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$, où λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence de

fonctionnement de l'antenne souhaitée par l'utilisateur, ϵ_r et μ_r étant respectivement la permittivité relative et la perméabilité relative du matériau de la couche plane considérée.

10 L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente une antenne selon l'invention dans le cas général ;

15 - la figure 2 représente une antenne selon l'invention comprenant un plan réflecteur d'ondes électromagnétiques ;

- la figure 3 représente schématiquement en perspective un exemple de structure de couches planes de matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou par leur perméabilité et/ou leur conductivité agencées selon un motif périodique à une dimension ;

20

- la figure 4 représente schématiquement en perspective un exemple de structure présentant une double périodicité selon deux directions spatiales distinctes des matériaux la constituant ;

25 - la figure 5 représente schématiquement en perspective un exemple de structure présentant une triple périodicité selon trois directions spatiales distinctes des matériaux la constituant ;

- la figure 6 représente schématiquement en perspective une antenne selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

30 - la figure 7 représente une courbe donnant le coefficient de transmission en fonction de la fréquence de l'onde électromagnétique émise ou reçue par une antenne selon l'invention ;

- la figure 8 représente un diagramme de directivité de l'antenne selon le mode de réalisation présenté dans la figure 6 ; et

- la figure 9 représente schématiquement en perspective une antenne selon un autre mode de réalisation.

5 Une antenne selon l'invention représentée à la figure 1 comporte :

- une sonde 10 capable de transformer une onde électrique en onde électromagnétique et réciproquement. Des antennes, telles que des antennes plaque, les dipôles, les antennes à polarisation circulaire, les fentes, les antennes fil-plaque coplanaires peuvent par exemple convenir comme sonde 10 dans une antenne selon la présente invention.

10 Un assemblage 20 d'éléments en au moins deux matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou par leur perméabilité et/ou par leur conductivité au sein duquel la sonde 10 est disposée. On choisira de préférence des matériaux à faibles pertes, tels que par exemple le plastique, la céramique, la ferrite, le métal, etc.

15 Un avantage de la présente invention est que la sonde 10 peut être très simple à concevoir à partir du moment où elle remplit le type de polarisation (linéaire ou circulaire), le taux d'ellipticité et les caractéristiques électriques désirés par le constructeur, cette sonde 10 devant être néanmoins petite devant les dimensions globales de l'antenne.

20 Un intérêt de l'assemblage 20 est de permettre de concevoir une antenne autorisant un ou plusieurs modes fréquentiels de propagation à l'intérieur d'une bande non passante, selon une ou plusieurs directions spatiales autorisées d, le filtrage spatial étant lui-même dépendant de la fréquence et de la nature des matériaux que comporte l'assemblage 20.

25 Un autre intérêt de cet assemblage 20, comportant une structure 22 conçue sur le principe des matériaux à bande interdite photonique au sein de laquelle se trouve une ou plusieurs cavité(s) 21 est d'avoir un ou plusieurs mode(s) fréquentiel(s) de propagation très isolé(s) de ses (leurs) plus proches voisins.

30 Une structure conçue sur le principe des matériaux à bande interdite photonique est une structure d'éléments se différenciant par leur permittivité et/ou par leur perméabilité et/ou par leur conductivité, laquelle structure présente une périodicité à au moins une dimension.

Une cavité 21 placée au sein de l'assemblage 20 lui confère, par l'association avec le matériau à bande interdite photonique 22, le comportement d'un matériau appelé par l'homme de l'art matériau à bande interdite photonique à défaut.

5 Elle peut être :

- une modification locale des caractéristiques diélectriques et/ou magnétiques et/ou de conductivité des matériaux utilisés,
- une modification locale des dimensions d'un ou plusieurs matériaux.

10 Une antenne selon l'invention représentée à la figure 2 peut en outre comporter un plan réflecteur électromagnétique 30 placé au milieu de l'assemblage 20 et contenant la sonde 10, permettant de réduire de moitié les dimensions de l'antenne, particulièrement lorsque le rayonnement n'est utile que dans un demi- espace.

15 Un intérêt d'une antenne selon l'invention comportant un plan réflecteur électromagnétique 30 est d'augmenter le gain du lobe principal du diagramme de directivité de ladite antenne.

20 Une antenne selon l'invention représentée à la figure 3 comporte une structure 22 conçue sur le principe des matériaux à bande interdite photonique présentant une périodicité à une dimension, c'est-à-dire que ladite structure 22 comporte une alternance de couches planes de deux matériaux 23 et 24, par exemple respectivement de l'alumine et de l'air, se distinguant par leur permittivité et/ou par leur perméabilité et/ou par leur conductivité.

25 Une antenne selon l'invention représentée à la figure 4 comporte une structure 22 conçue sur le principe des matériaux à bande interdite photonique présentant une périodicité à deux dimensions, c'est-à-dire que ladite structure 22 comporte des barreaux, de forme cylindrique disposés de façon régulière, d'un premier matériau 25, par exemple de l'alumine, séparés entre eux par un deuxième matériau 26, par exemple de l'air, le deuxième matériau se distinguant du premier par sa permittivité et/ou sa perméabilité et/ou sa conductivité.

30 Par exemple, la structure est composée de barreaux de forme cylindrique disposés en une succession de couches superposées.

Dans chaque couche, les barreaux s'étendent parallèlement les uns aux autres et sont placés avec un pas régulier.

De plus, les barreaux de couches successives sont alignés avec un pas régulier. De préférence, les barreaux sont métalliques.

5 Une antenne selon l'invention représentée à la figure 5 comporte une structure 22 conçue sur le principe de matériaux à bande interdite photonique, présentant une périodicité à trois dimensions, telle que ladite structure 22 comporte une alternance de barreaux, par exemple de forme parallélépipédique disposés de façon régulière, d'un premier matériau 27, par exemple de l'alumine ou du métal, séparés entre eux par un deuxième matériau 28, par exemple de l'air, ledit deuxième matériau se distinguant du premier matériau par sa permittivité et/ou sa perméabilité et/ou sa conductivité.

10 Par exemple, la structure 22 est composée de barreaux de forme sensiblement parallélépipédique disposés en un empilage de couches superposées. Dans chaque couche, les barreaux s'étendent parallèlement les uns aux autres et sont placés selon un pas régulier et, les barreaux de deux couches voisines forment un angle constant, par exemple un angle de 90°.

De plus, les barreaux de couches séparées par une couche intermédiaire sont parallèles entre eux et alignés avec un pas régulier.

En référence à la figure 6, un mode préféré de réalisation d'une antenne selon la présente invention comporte :

20 - Une sonde plaque 10a utilisant un seul fil d'alimentation 11 ;
Un intérêt de cette sonde est d'être très simple de conception et de limiter les pertes métalliques et diélectriques de l'antenne.

- Une plaque métallique formant un réflecteur plan électromagnétique 30a ;

25 - Une couche plane formant une cavité 21a en contact avec le réflecteur plan 30a, ladite cavité 21a étant constituée d'un matériau, de préférence à faible permittivité ou perméabilité afin de limiter le guidage des ondes de surface, lequel matériau peut être de l'air comme représenté à la figure 6 à titre d'exemple ;

30 - Une structure 22 dont les matériaux 23a, 24a, 23b se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité sont agencés en couches planes successives, selon un motif périodique à une dimension.

Le nombre de périodes utiles dans la direction orthogonale au plan de l'antenne dépend des contrastes de permittivité et/ou perméabilité et/ou

conductivité des matériaux utilisés. Pour réduire le nombre de périodes, il faut augmenter les contrastes d'indice entre les différents matériaux.

A titre d'exemple, dans le mode de réalisation représenté figure 6, les matériaux utilisés sont l'alumine de fort indice de permittivité et l'air de faible indice de permittivité ce qui permet à la structure 22 de ne comporter que trois couches de matériaux.

La structure 22 est donc constituée d'une première couche plane 23a d'alumine en contact avec une deuxième couche plane 24a d'air elle-même en contact avec une troisième couche plane 23b d'alumine.

Dans le mode de réalisation tel que représenté figure 6, où l'assemblage 20 de couches planes successives de matériaux diélectriques ou magnétiques où la première couche 21a constitue la cavité et où les suivantes 23a, 24a et 23b constituent la structure 22 :

a) L'épaisseur e_{21a} de la couche plane 21a constituée d'un matériau de permittivité relative ϵ_r et de perméabilité relative μ_r est donnée par la formule

$$e_{21a} \sim 0,5 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$
 où λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence de fonctionnement de l'antenne, et où le symbole " \sim " signifie "égal ou à peu près égal".

A titre d'exemple, l'épaisseur de la couche plane d'air 21a représentée figure 6 vaut $e_{21a} = 0,5 \lambda$.

b) L'épaisseur e d'une couche plane d'un matériau diélectrique ou magnétique de permittivité relative ϵ_r et de perméabilité relative μ_r , à l'intérieur de la structure 22 est donnée par la formule
$$e \sim 0,25 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}.$$

A titre d'exemple, l'épaisseur de la couche plane d'alumine 23a représentée figure 6 vaut environ $e_{23a} = 0,08 \lambda$; l'épaisseur de la couche plane d'air 24a représentée figure 6 vaut $e_{24a} = 0,25 \lambda$; l'épaisseur de la couche plane d'alumine 23b représentée figure 6 vaut environ $e_{23b} = 0,08 \lambda$.

c) Les dimensions latérales de la structure 22, de la plaque 30a et de la cavité 21a sont choisies en fonction du gain désiré de l'antenne. La forme utile

pour l'antenne s'inscrit dans un cercle dont le diamètre ϕ est relié au gain recherché, selon la formule empirique connue suivante : $G_{dB} \geq 20 \log \frac{\pi \phi}{\lambda} - 2,5$.

A titre d'exemple, pour obtenir un gain de 20 dB tel que représenté figure 8, un système d'antenne selon l'invention peut avoir des dimensions latérales de $4,3 \lambda$. La forme latérale de l'antenne est ensuite choisie pour obtenir
5 une certaine forme du rayonnement de l'antenne, selon un procédé connu.

d) Compte tenu des dimensions latérales et des épaisseurs des différentes couches de matériaux entrant dans la composition de l'antenne telle que décrite dans la figure 6, lesdites épaisseurs et dimensions latérales étant
10 mentionnées ci-dessus, les dimensions générales de l'antenne sont donc : une épaisseur H d'environ λ et une dimension latérale L de $4,3 \lambda$. Ainsi, pour une fréquence de fonctionnement de 10 Ghz correspondant à une longueur d'onde de 3 cm, un exemple particulier d'antenne selon la présente invention tel que représenté figure 6 aura un volume de l'ordre de $3 \times 13 \times 13 \text{ cm}^3$, alors qu'un
15 système d'antenne parabolique classique, fonctionnant à la même fréquence de 10 Ghz, qui a une distance focale d'environ 70 cm, occupe un volume nettement supérieur.

Il apparaît donc clairement que la présente invention améliore très nettement le problème d'encombrement lié aux antennes grâce notamment à la
20 faible épaisseur d'une antenne selon l'invention.

De plus, étant donné que l'épaisseur des couches planes successives d'une antenne selon l'invention, telle que décrite à la figure 6, est proportionnelle à λ et donc inversement proportionnelle à la fréquence de fonctionnement de l'antenne, une telle réalisation permet de concevoir une antenne fonctionnant à
25 très haute fréquence grâce aux technologies multicouches.

Une antenne selon l'invention telle que représentée à la figure 6 assure le rayonnement et un filtrage spatial et fréquentiel des ondes électromagnétiques produites ou reçues par ladite antenne, comme représenté à la figure 7. Ledit filtrage autorise notamment une ou plusieurs fréquence(s) de
30 fonctionnement f de ladite antenne à l'intérieur d'une bande de fréquences non passante B.

Une antenne selon l'invention telle que représentée à la figure 6 est conçue pour atteindre un gain de 20db et présente un diagramme de rayonnement représenté à la figure 8.

5 Il apparaît que l'antenne selon l'invention permet d'atteindre des gains importants dans une direction donnée comme les antennes à ouverture classiques.

Il est également visible que ce diagramme de rayonnement présente de faibles niveaux de lobes secondaires.

10 Le fonctionnement de l'antenne décrite en référence à la figure 6, va maintenant être examiné. L'antenne possède deux modes de fonctionnement : un mode émetteur et un mode récepteur.

15 En mode de fonctionnement émetteur, un courant électrique conduit par le fil d'alimentation 11 parvient au niveau de la sonde 10a qui le transforme en onde électromagnétique. Cette onde électromagnétique traverse ensuite l'assemblage 20 d'éléments en matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou par leur perméabilité et/ou leur conductivité, dont l'agencement permet d'opérer par construction un filtrage spatial et fréquentiel sur l'onde électromagnétique et de conformer ainsi le diagramme de rayonnement du système d'antenne selon des propriétés voulues par l'utilisateur.

20 En mode de fonctionnement récepteur, une onde électromagnétique parvenant au niveau de l'antenne est filtrée spatialement et fréquentiellement lors de sa traversée de l'assemblage 20 d'éléments en matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou par leur perméabilité et/ou par leur conductivité, avant de pouvoir atteindre la sonde 10a. Puis, l'onde électromagnétique filtrée selon des propriétés voulues par construction de
25 l'antenne, est transformée en courant électrique par la sonde 10a et transmise au fil d'alimentation 11.

30 Selon un mode de réalisation particulier, la sonde de l'antenne est de nature capable de générer une polarisation linéaire ou circulaire dans l'antenne, entraînant un fonctionnement de celle-ci, soit en polarisation linéaire, soit en polarisation circulaire.

Selon un autre mode de réalisation particulier, la forme des couches planes est agencée de façon à obtenir un diagramme de rayonnement et de gain voulu conformément à la théorie des ouvertures rayonnantes.

Selon encore un autre mode de réalisation, les éléments constitutifs de la structure sont des cylindres coaxiaux entourant la sonde, l'agencement présentant ainsi une périodicité radiale, et l'élément cylindrique intérieur forme une cavité recevant ladite sonde.

5 Selon encore un autre mode de réalisation, les éléments constitutifs de la structure 22 sont des cylindres coaxiaux constitués de matériaux à bande interdite photonique présentant une périodicité dans deux ou trois dimensions.

10 Selon encore un autre mode de réalisation de l'invention, l'un des matériaux au moins a des caractéristiques diélectriques et/ou magnétiques variables en fonction d'une source extérieure telle qu'un champ électrique ou magnétique, de manière à permettre de réaliser des antennes accordables.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, l'assemblage présente des défauts de périodicité multiples générés par une cavité ou la juxtaposition de plusieurs cavités et permettant d'élargir la bande passante de l'antenne et/ou de créer des antennes multibandes.

20 Enfin, selon un autre mode de réalisation de l'invention, l'assemblage d'éléments 20 présente une périodicité à au moins une dimension et au moins un défaut dans l'une des dimensions de cette périodicité qui génère au moins une cavité en son sein, les éléments restant disposés en un pas régulier dans les autres dimensions.

Ainsi, l'antenne représentée à la figure 9 comporte :

- une sonde plaque 10a utilisant un seul fil d'alimentation 11;
- une plaque métallique formant un réflecteur plan électromagnétique 30a ;
- 25 - une couche plane formant une cavité 21a en contact avec le réflecteur plan 30a, identique à celle représentée à la figure 6 ; et
- une structure 22 en contact avec la couche plane formant cavité 21a.

30 Cette structure présente une périodicité à deux dimensions : elle comporte des barreaux 25, de forme cylindrique disposés en deux couches 32 et 34 identiques et superposées. Dans chaque couche 32 et 34, les barreaux 25 s'étendent parallèlement les uns aux autres et sont placés avec un pas régulier.

Ainsi, l'assemblage 20 constitué de la cavité 21a et de la structure 22 présente un défaut dans sa périodicité, dans la dimension correspondant à la direction orthogonale au réflecteur plan 30a et aux couches 32 et 34. Par contre,

la disposition périodique des barreaux 25 dans chaque couche 32 et 34 n'est pas affectée par la présence de la cavité 21a.

5 Les dimensions de cette antenne sont par ailleurs dépendantes de la fréquence de fonctionnement pour laquelle elle a été conçue. Par exemple, pour fonctionner à une fréquence de 4,75 GHz, les dimensions latérales de l'antenne sont de 258 mm, l'épaisseur de la cavité 21a est de 33,54 mm, les deux couches 32 et 34 sont distantes de 22,36 mm et dans chaque couche, les barreaux 25 ont un diamètre de 10,6 mm et leurs axes respectifs sont espacés de 22,36 mm.

10 Les barreaux peuvent être constitués de matériaux diélectriques, magnétiques ou métalliques.

Dans ces conditions, l'antenne représentée à la figure 9 présente comme celle représentée à la figure 6, un diagramme de rayonnement tel que celui représenté à la figure 8.

15 En variante, l'antenne comporte une multiplicité de sondes de natures différentes.

Une antenne selon l'invention peut être utilisée en tant que :

- antenne haute fréquence à haut débit d'informations, en raison de sa capacité à fonctionner à des fréquences élevées grâce aux techniques de dépôts multicouches ;
- 20 - antenne pour des applications embarquées de type aérospatial ou militaire, par exemple, en raison de son faible encombrement et en raison de ces caractéristiques de furtivité dues à l'étroitesse de sa bande passante ;
- antenne à ouverture classique en remplacement des antennes à ouverture connues du type antenne parabolique ou antenne à lentille.

REVENDICATIONS

- 5 1. Antenne comprenant au moins une sonde (10) capable de transformer de l'énergie électrique en énergie électromagnétique et réciproquement, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un assemblage (20) d'éléments en au moins deux matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité au sein duquel ladite sonde est disposée, la disposition des éléments dans ledit assemblage assurant le rayonnement et un filtrage spatial et fréquentiel des ondes électromagnétiques produites ou reçues par ladite sonde, lequel filtrage autorise notamment une ou
10 plusieurs fréquences de fonctionnement (f) de l'antenne à l'intérieur d'une bande de fréquences non passante, et en ce qu'elle comporte en outre un réflecteur plan d'ondes électromagnétiques (30; 30a) supportant ladite sonde et placé en contact avec ledit assemblage d'éléments.
- 15 2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit assemblage d'éléments (20) présente une périodicité à au moins une dimension et au moins un défaut (21) dans l'une de ces dimensions, les éléments restant disposés avec un pas régulier dans les autres dimensions.
- 20 3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit assemblage d'éléments (20) comprend un premier matériau de permittivité, perméabilité et conductivité données formant au moins une cavité (21 ;21a) et une structure (22) composée de deux autres matériaux (23,24 ;25,26 ;27,28 ; 23a,23b,24a) se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, ladite structure présentant une triple périodicité selon trois directions spatiales distinctes.
- 25 4. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit assemblage d'éléments (20) comprend un matériau de permittivité, perméabilité et conductivité données formant au moins une cavité (21 ;21a) et une structure (22) composée de deux matériaux (23,24 ;25,26 ;27,28 ;23a,23b,24a) se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, ladite structure présentant une double périodicité selon deux directions spatiales
30 distinctes.
5. Antenne selon la revendication 3 ou 4, caractérisée en ce que la structure (22) comporte des barreaux métalliques agencés avec une périodicité à deux ou trois dimensions.

6. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit assemblage d'éléments (20) comprend un matériau de permittivité, perméabilité et conductivité données formant au moins une cavité (21;21a) et une structure (22) composée de deux matériaux (23,24; 25,26; 27,28; 23a,23b,24a) se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, ladite structure présentant une simple périodicité selon une direction spatiale.

7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée en ce que ledit assemblage d'éléments comprend une première couche plane de matériau (21a) de permittivité, perméabilité et conductivité données, au sein duquel est disposée la sonde, ladite première couche étant en contact avec au moins une succession de couches planes (23a,23b,24a) de matériaux se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, agencée(s) selon un motif périodique à une dimension.

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comporte une plaque métallique formant réflecteur plan (30a) sur laquelle est disposée la sonde (10 ;10a), ladite plaque métallique étant en contact avec une première couche plane de matériau (21a) de permittivité, perméabilité et conductrice données, l'épaisseur e_1 de ladite première couche plane étant donnée par la relation $e_1 \sim 0,5 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$, ladite première couche étant elle-même en contact avec une succession de couches planes de matériaux (23a,23b, 24a) se différenciant par leur permittivité et/ou leur perméabilité et/ou leur conductivité, l'épaisseur e de chacune desdites couches planes étant donnée par la relation $e \sim 0,25 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$, où λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence de fonctionnement (f) de l'antenne souhaitée par l'utilisateur, ϵ_r et μ_r étant respectivement la permittivité relative et la perméabilité relative du matériau de la couche plane considérée.

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que la sonde de l'antenne est de nature capable de générer une polarisation linéaire ou circulaire dans l'antenne, entraînant un fonctionnement de celle-ci, soit en polarisation linéaire, soit en polarisation circulaire.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que la forme des couches planes est agencée de façon à obtenir un diagramme de rayonnement et de gain voulu conformément à la théorie des ouvertures rayonnantes.

5 11. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1,2, 6, 9 et 10, caractérisée en ce que les éléments constitutifs de la structure (22) sont des cylindres homogènes coaxiaux entourant la sonde, l'agencement présentant ainsi une périodicité radiale, et en ce que l'élément cylindrique intérieur formant une cavité recevant ladite sonde.

10 12. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1,2,3,4,9 et 10, caractérisée en ce que les éléments constitutifs de la structure (22) sont des cylindres coaxiaux constitués de matériaux à bande interdite photonique présentant une périodicité dans deux ou trois dimensions.

15 13. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que l'un des matériaux au moins a des caractéristiques diélectriques et/ou magnétiques variables en fonction d'une source extérieure telle qu'un champ électrique ou magnétique, de manière à permettre de réaliser des antennes accordables.

20 14. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 et 9 à 13, caractérisée en ce que l'assemblage présente des défauts multiples de périodicité permettant d'élargir la bande passante de l'antenne et/ou de créer des antennes multibandes.

1/5

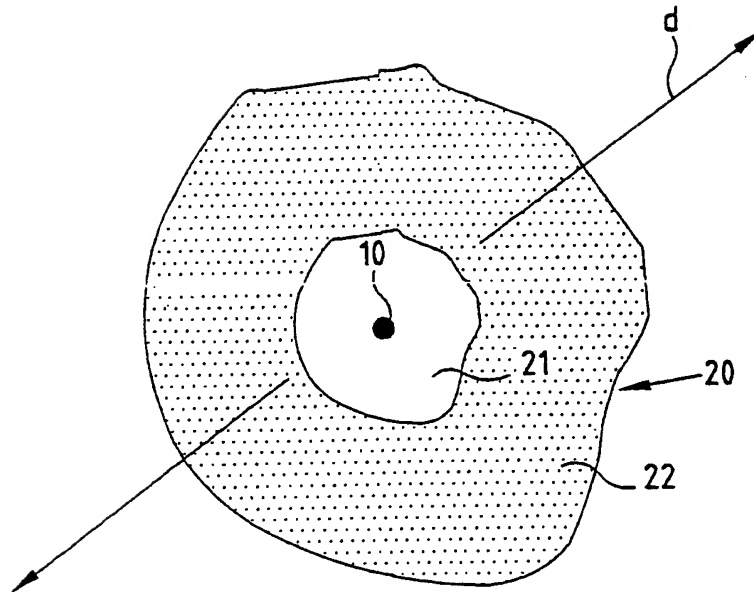


FIG. 1

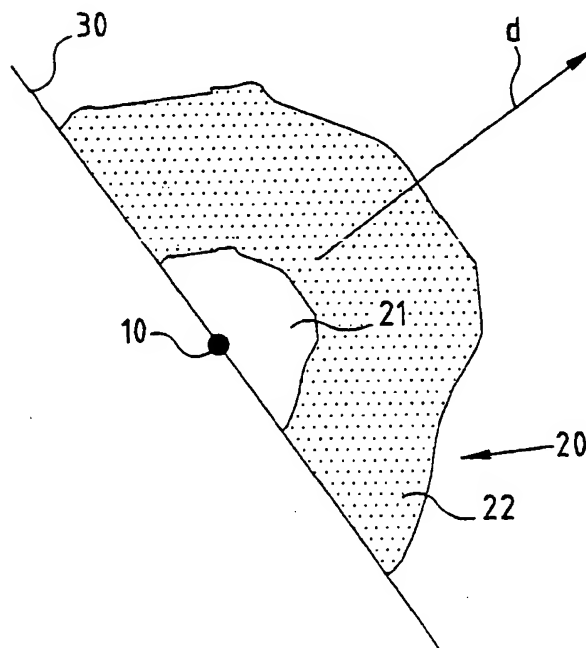


FIG. 2

2/5

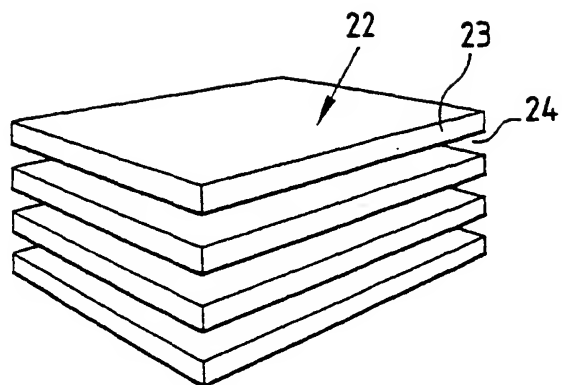


FIG. 3

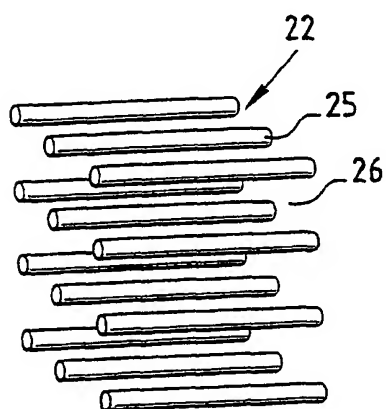


FIG. 4

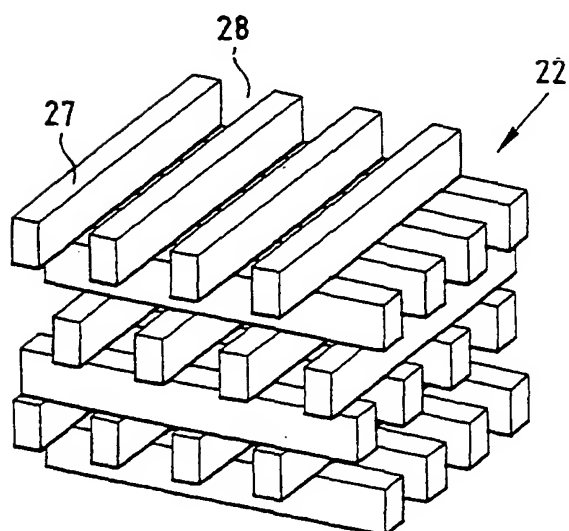


FIG. 5

3/5

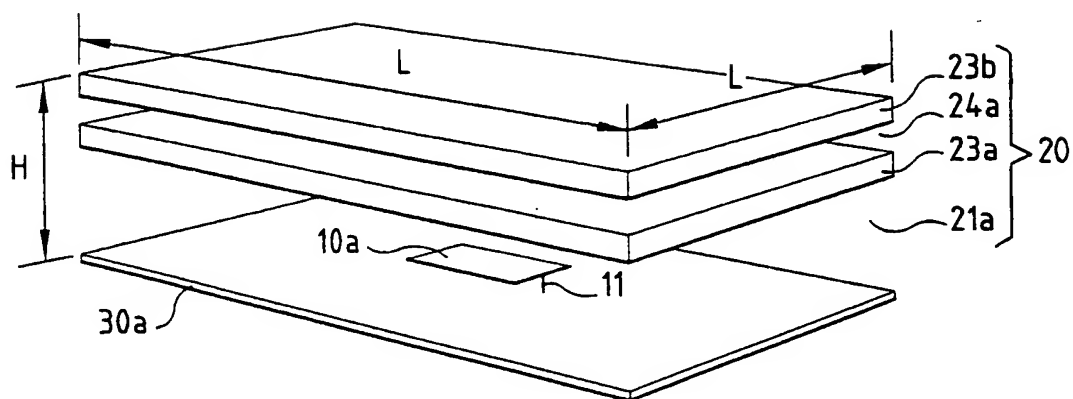


FIG.6

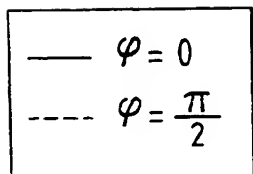
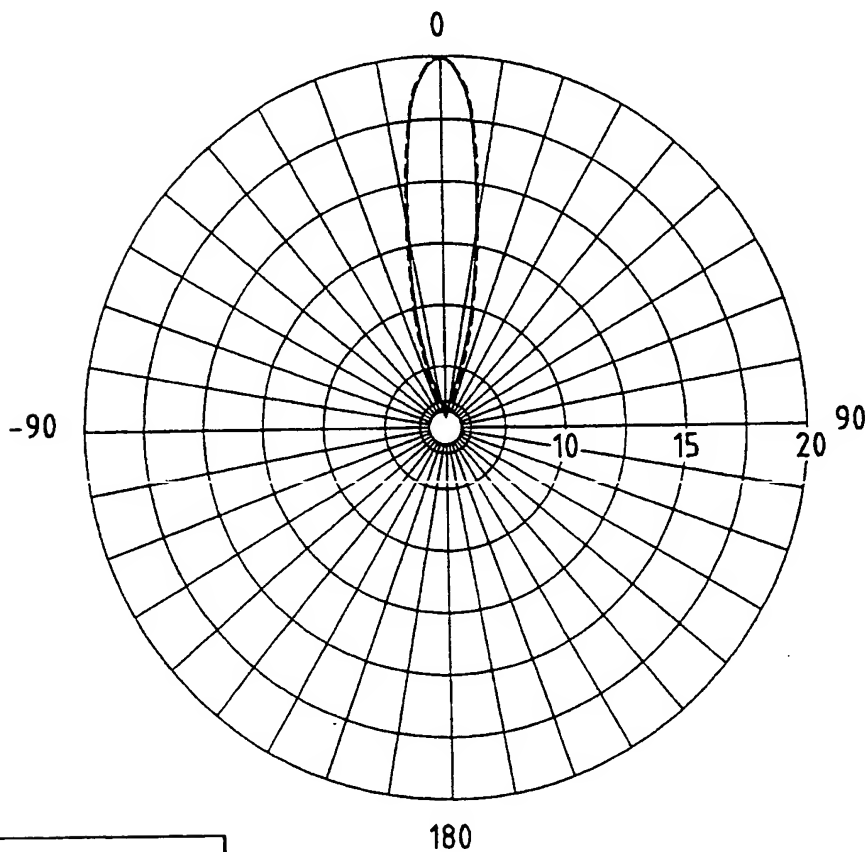


FIG.8

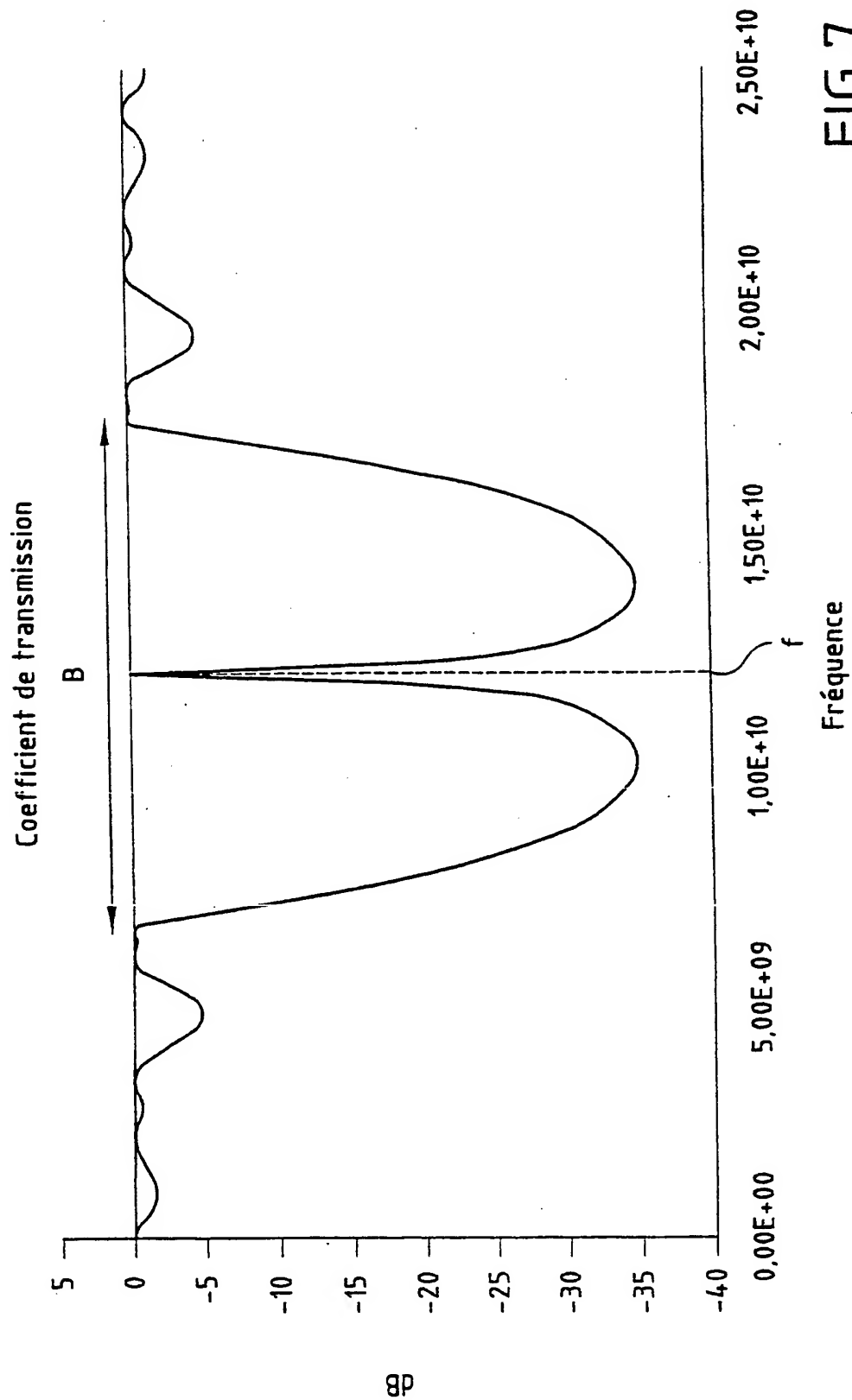


FIG.7

5/5

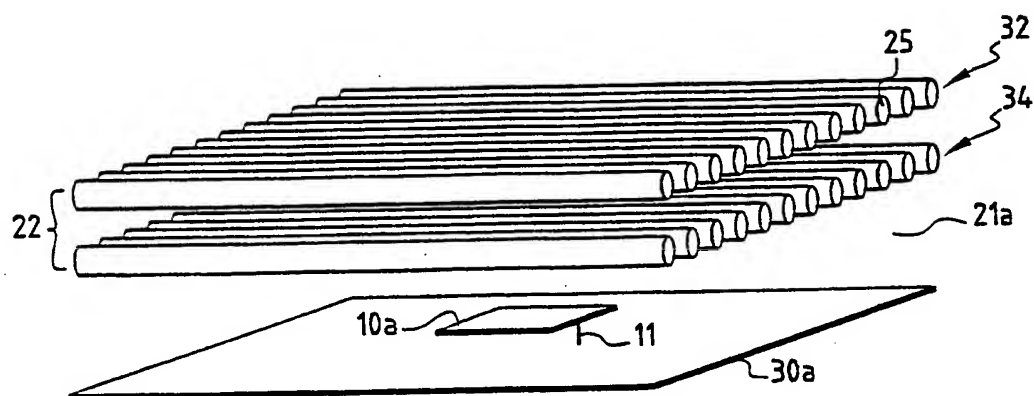


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC1/FR 00/03205

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01Q15/00 H01Q1/40 H01Q19/06 H01Q19/00 H01Q19/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	YANG H -Y D ET AL: "PHOTONIC BAND-GAP MATERIALS FOR HIGH-GAIN PRINTED CIRCUIT ANTENNAS" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, US, IEEE INC. NEW YORK, vol. 45, no. 1, 1997, pages 185-187, XP000640948 ISSN: 0018-926X the whole document	1,8
Y	---	2-4,6,9, 10,14
Y	US 5 739 796 A (JASPER JR LOUIS J ET AL) 14 April 1998 (1998-04-14) column 6, line 20 -column 7, line 24; figures 3,4 --- -/--	2,6,9, 10,14

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 February 2001

Date of mailing of the international search report

15/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van Dooren, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC1/FR 00/03205

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 96 29621 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 26 September 1996 (1996-09-26) page 13, line 21 -page 14, line 11; claim 14; figure 8	3,4
A	US 5 471 180 A (BROMMER KARL ET AL) 28 November 1995 (1995-11-28) column 8, line 32 -column 9, line 14; figures 10,15	1
A	GB 1 555 756 A (AERIALITE AERIALS LTD) 14 November 1979 (1979-11-14) the whole document	1
A	WO 95 33287 A (MOTOROLA INC) 7 December 1995 (1995-12-07) claim 4; figures 1,5	1
A	US 5 679 604 A (PIKULSKI JOSEPH L ET AL) 21 October 1997 (1997-10-21) abstract	1
A	US 5 541 613 A (LAM JUAN F ET AL) 30 July 1996 (1996-07-30) abstract	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PC1/FR 00/03205

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5739796	A	14-04-1998	NONE	
WO 9629621	A	26-09-1996	US 5990850 A	23-11-1999
US 5471180	A	28-11-1995	US 5187461 A	16-02-1993
			AU 1435192 A	15-09-1992
			WO 9215124 A	03-09-1992
			US 5389943 A	14-02-1995
GB 1555756	A	14-11-1979	GB 1555754 A	14-11-1979
			GB 1555757 A	14-11-1979
WO 9533287	A	07-12-1995	US 5528254 A	18-06-1996
			EP 0763265 A	19-03-1997
			JP 10501384 T	03-02-1998
US 5679604	A	21-10-1997	US 5614919 A	25-03-1997
US 5541613	A	30-07-1996	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem 1e Internationale No

PC1/FR 00/03205

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01Q15/00 H01Q1/40 H01Q19/06 H01Q19/00 H01Q19/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01Q

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	YANG H -Y D ET AL: "PHOTONIC BAND-GAP MATERIALS FOR HIGH-GAIN PRINTED CIRCUIT ANTENNAS" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 45, no. 1, 1997, pages 185-187, XP000640948 ISSN: 0018-926X le document en entier	1,8
Y	----	2-4,6,9, 10,14
Y	US 5 739 796 A (JASPER JR LOUIS J ET AL) 14 avril 1998 (1998-04-14) colonne 6, ligne 20 -colonne 7, ligne 24; figures 3,4 ----- -/--	2,6,9, 10,14

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 février 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/02/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Van Dooren, G

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. le Internationale No

PCI/FR 00/03205

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 96 29621 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 26 septembre 1996 (1996-09-26) page 13, ligne 21 -page 14, ligne 11; revendication 14; figure 8 ----	3,4
A	US 5 471 180 A (BROMMER KARL ET AL) 28 novembre 1995 (1995-11-28) colonne 8, ligne 32 -colonne 9, ligne 14; figures 10,15 ----	1
A	GB 1 555 756 A (AERIALITE AERIALS LTD) 14 novembre 1979 (1979-11-14) le document en entier ----	1
A	WO 95 33287 A (MOTOROLA INC) 7 décembre 1995 (1995-12-07) revendication 4; figures 1,5 ----	1
A	US 5 679 604 A (PIKULSKI JOSEPH L ET AL) 21 octobre 1997 (1997-10-21) abrégé ----	1
A	US 5 541 613 A (LAM JUAN F ET AL) 30 juillet 1996 (1996-07-30) abrégé -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs membres de familles de brevets

Donnée internationale No

PCI/FR 00/03205

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5739796 A	14-04-1998	AUCUN	
WO 9629621 A	26-09-1996	US 5990850 A	23-11-1999
US 5471180 A	28-11-1995	US 5187461 A	16-02-1993
		AU 1435192 A	15-09-1992
		WO 9215124 A	03-09-1992
		US 5389943 A	14-02-1995
GB 1555756 A	14-11-1979	GB 1555754 A	14-11-1979
		GB 1555757 A	14-11-1979
WO 9533287 A	07-12-1995	US 5528254 A	18-06-1996
		EP 0763265 A	19-03-1997
		JP 10501384 T	03-02-1998
US 5679604 A	21-10-1997	US 5614919 A	25-03-1997
US 5541613 A	30-07-1996	AUCUN	